

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-311698

(P2000-311698A)

(43)公開日 平成12年11月7日 (2000.11.7)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マコ-ト(参考)

H 01 M 8/04

H 01 M 8/04

J

F 01 K 23/10

F 01 K 23/10

Z

F 02 C 6/00

F 02 C 6/00

E

7/08

7/08

Z

7/224

7/224

審査請求 有 請求項の数14 OL (全12頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-101110(P2000-101110)

(71)出願人 500154847

(62)分割の表示 特願平8-507281の分割

ジーテック コーポレーション

(22)出願日 平成7年3月21日(1995.3.21)

アメリカ合衆国 02154 マサチューセッ

(31)優先権主張番号 08/287,093

ツ州 ウォルサム、トッテンパウンド

(32)優先日 平成6年8月8日(1994.8.8)

ロード 460

(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 スー マイケル エス.

(31)優先権主張番号 08/325,486

アメリカ合衆国 01773 マサチューセッ

(32)優先日 平成6年10月19日(1994.10.19)

ツ州 リンカーン、ラウンドヒル ロー

(33)優先権主張国 米国(US)

ド

(74)代理人 100078721

弁理士 石田 喜樹

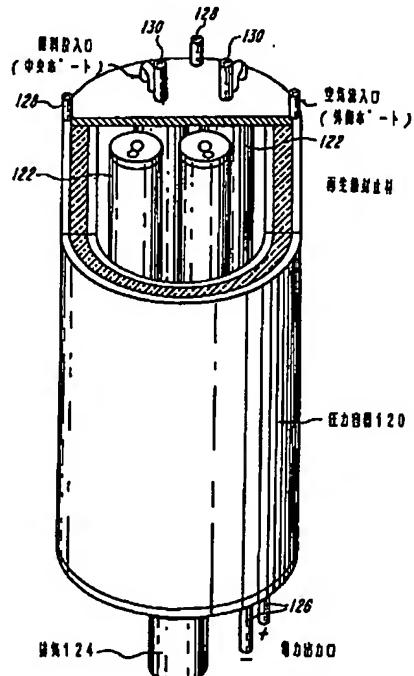
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 動力システム

(57)【要約】

【課題】 専用の熱処理システム設置のコストを削減し、システムの動力効率全体を著しく高める一体型の電気化学コンバータとガスタービンシステムを提供する。

【解決手段】 動力システムは、投入反応体を受け取り得るようにした発電用の一連の積層燃料電池アセンブリ122と、その周囲に配置された、積層燃料電池アセンブリ122の運転中に積層燃料電池アセンブリ122によって生成される排気ガスを収集する圧力容器120と、収集された排気ガスを圧力容器120から外部での使用のため排出する排気吐出用マニホールド124とを包含する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 動力システムであって、  
発電用の電気化学コンバータの配列であって、投入反応体を受け取り得るようにした電気化学コンバータの配列と、  
前記電気化学コンバータ配列の周囲に配置された圧力容器であって、前記電気化学コンバータの運転中に前記電気化学コンバータによって生成される排気ガスを収集する圧力容器と、  
前記の収集された排気ガスを前記圧力容器から外部での使用のため排出する手段と、を包含する動力システム。

【請求項2】 前記圧力容器内部に配置されると共に、前記電気化学コンバータ配列と流体連通及び熱連通した改質装置を更に含み、よってこの改質装置が燃料反応体を構成成分となる非複合反応化学種に熱解離する、請求項1に記載の動力システム。

【請求項3】 前記電気化学コンバータ配列が多数の燃料電池要素を包含し、この燃料電池要素のそれぞれが熱伝導プレートと交互配置された電解質プレートを含むか、又はこの燃料電池要素のそれぞれが管状の構成を備えた、請求項1に記載の動力システム。

【請求項4】 前記電気化学コンバータのそれぞれが、燃料反応体及び酸化物反応体を受け取り、発電のために前記燃料反応体を改質し得るようにされている、請求項1に記載の動力システム。

【請求項5】 前記電気化学コンバータ配列が、排気ガスを発生し且つ前記圧力容器の内部に放出する、請求項1に記載の動力システム。

【請求項6】 前記の燃料電池排気ガスを更なる処理のために収集する手段を更に包含し、前記の更なる処理が、改質利用のため又は前記排気ガスを用いるエネルギーの電気-熱同時発生のために前記排気ガスを再利用することを含む、請求項4に記載の動力システム。

【請求項7】 前記圧力容器が、前記電気化学コンバータ配列により生成される排気を、前記コンバータ配列の運転温度又はそれに近い温度で且つ前記コンバータ配列からの排気ガスの圧力又はそれに近い圧力で収集する、請求項1に記載の動力システム。

【請求項8】 前記圧力容器に結合されたガスタービンと、発電のために、前記電気化学コンバータ配列により生成される排気ガスを前記圧力容器から前記ガスタービンに導入する手段とをさらに包含する、請求項1に記載の動力システム。

【請求項9】 前記電気化学コンバータ配列に導入するに先だって、投入反応体を予熱する予熱器を更に包含する、請求項8に記載の動力システム。

【請求項10】 コンプレッサとタービンとを備えたガスタービンシステムであって、前記圧力容器と前記電気化学コンバータ配列とに結合されたガスタービンシステムを更に包含する、請求項1に記載の動力システム。

【請求項11】 前記タービンと結合すると共に前記タービンの回転エネルギーを受け取る得るようにした発電機を更に含み、前記発電機が前記タービンの回転エネルギーに応答して電気を発生する、請求項8に記載の動力システム。

【請求項12】 前記電気化学コンバータのそれぞれが、積層と軸方向で結合した少なくとも1つのマニホールドと、前記マニホールドと結合し、第一及び第二媒体の少なくとも一部分を前記コンバータの運転温度まで加熱する媒体加熱手段と、を包含する、請求項1に記載の動力システム。

【請求項13】 前記媒体加熱手段が、前記軸方向マニホールド内に突出した、熱伝導性を有し且つ一体的に形成された前記電気化学コンバータの延長表面又はリップを含む、請求項12に記載の動力システム。

【請求項14】 コンプレッサを備えると共に、前記電気化学コンバータに結合されたガスタービンを更に包含し、前記コンプレッサが前記電気化学コンバータの反応体を予熱し得るようにした、請求項12に記載の動力システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は高い能力を有する動力システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 高性能ガスタービン動力システムが従来存在し、知られている。従来のガスタービン動力システムはコンプレッサと、燃焼器と、機械的タービンとを含み、多くの場合それらがインラインで(直列的に)接続、例えば同じ軸上に接続されている。従来のガスタービンでは、空気はコンプレッサに入り、望ましい圧力まで昇圧されて出る。この高圧気流は燃焼器に入りてそこで燃料と反応し、選択された高い温度まで加熱される。この加熱された気流はガスタービンに入り断熱膨張して仕事を行なう。この一般的な種類のガスタービンの欠点の一つは、多くの場合、タービンのシステム効率が、例えば25%と、メガワット能力のシステムでは比較的低いことである。

【0003】 この問題を解決するのに従来採用されてきた方法の一つが、熱を回収するレキュペレータを用いることである。この回収された熱は一般的には、気流が燃焼器に入る前に気流を更に加熱するのに使われる。多くの場合、レキュペレータはガスタービンのシステム効率を30%程まで向上させる。この解決法の短所はレキュペレータが比較的高価であり、動力システムの全コストを高くすることである。

【0004】 従来採用されているもう一つの方法は、システムをかなり高圧高温で運転することで、システム効率を上げる方法である。しかしながら、実際のシステム効率の増加はごく僅かであり、一方システムは高温及び

高圧用の機械部品に関連するコスト増加を伴ってしまう。

【0005】さらに別の従来の方法としては、100MWを越える動力を有する工場で用いられているもので、タービンの高温の排気を熱回収蒸気発生器と熱結合させて、ガスタービンと蒸気タービンとを組み合わせる方法を探るものもある。この組み合わせ式循環法は、システムの運転効率をおよそ5%まで向上させる。しかしながら、この効率でもまだかなり低い。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】このように、この技術分野では高性能の動力システムが求められている。特に、電気化学コンバータの好ましい性質を一体化して用いることのできる、改良型ガスタービン動力システムはこの産業の大きな発展を促すであろう。より具体的には、専用の熱処理システム設置のコストを削減し、システムの動力効率全体を著しく高める一体型の電気化学コンバータとガスタービンシステムは、この技術分野での大きな進展となるであろう。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明のうち、請求項1に記載の発明は、動力システムであって、発電用の電気化学コンバータの配列であって、投入反応体を受け取り得るようにした電気化学コンバータの配列と、前記電気化学コンバータ配列の周囲に配置された圧力容器であって、前記電気化学コンバータの運転中に前記電気化学コンバータによって生成される排気ガスを収集する圧力容器と、前記の収集された排気ガスを前記圧力容器から外部での使用のため排出する手段と、を包含することを特徴とする。

【0008】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記圧力容器内部に配置されると共に、前記電気化学コンバータ配列と流体連通及び熱連通した改質装置を更に含み、よってこの改質装置が燃料反応体を構成成分となる非複合反応化学種に熱解離することを特徴とする。

【0009】請求項3に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記電気化学コンバータ配列が多数の燃料電池要素を包含し、この燃料電池要素のそれぞれが熱伝導プレートと交互配置された電解質プレートを含むか、又はこの燃料電池要素のそれぞれが管状の構成を備えたことを特徴とする。

【0010】請求項4に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記電気化学コンバータのそれぞれが、燃料反応体及び酸化物反応体を受け取り、発電のために前記燃料反応体を改質し得るようにされていることを特徴とする。

【0011】請求項5に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記電気化学コンバータ配列が、排気ガスを発生し且つ前記圧力容器の内部に放出することを

特徴とする。

【0012】請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の発明において、前記の燃料電池排気ガスを更なる処理のために収集する手段を更に包含し、前記の更なる処理が、改質利用のため又は前記排気ガスを用いるエネルギーの電気-熱同時発生のために前記排気ガスを再利用することを含むことを特徴とする。

【0013】請求項7に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記圧力容器が、前記電気化学コンバ

10 タ配列により生成される排気を、前記コンバータ配列の運転温度又はそれに近い温度で且つ前記コンバータ配列からの排気ガスの圧力又はそれに近い圧力で収集することを特徴とする。

【0014】請求項8に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記圧力容器に結合されたガスタービンと、発電のために、前記電気化学コンバータ配列により生成される排気ガスを前記圧力容器から前記ガスタービンに導入する手段とをさらに包含することを特徴とする。

20 【0015】請求項9に記載の発明は、請求項8に記載の発明において、前記電気化学コンバータ配列に導入するに先だって、投入反応体を予熱する予熱器を更に包含することを特徴とする。

【0016】請求項10に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、コンプレッサとタービンとを備えたガスタービンシステムであって、前記圧力容器と前記電気化学コンバータ配列とに結合されたガスタービンシステムを更に包含することを特徴とする。

【0017】請求項11に記載の発明は、請求項8に記載の発明において、前記タービンと結合すると共に前記タービンの回転エネルギーを受け取る得るようにした発電機を更に含み、前記発電機が前記タービンの回転エネルギーに応答して電気を発生することを特徴とする。

【0018】請求項12に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記電気化学コンバータのそれぞれが、横層と軸方向で結合した少なくとも1つのマニホールドと、前記マニホールドと結合し、第一及び第二媒体の少なくとも一部分を前記コンバータの運転温度まで加熱する媒体加熱手段と、を包含することを特徴とする。

40 【0019】請求項13に記載の発明は、請求項12に記載の発明において、前記媒体加熱手段が、前記軸方向マニホールド内に突出した、熱伝導性を有し且つ一体的に形成された前記電気化学コンバータの延長表面又はリップを含むことを特徴とする。

【0020】請求項14に記載の発明は、請求項12に記載の発明において、コンプレッサを備えると共に、前記電気化学コンバータに結合されたガスタービンを更に包含し、前記コンプレッサが前記電気化学コンバータの反応体を予熱し得るようにしたことを特徴とする。

50 【0021】又、本発明は、電気化学コンバータをガス

タービンと一体化させた動力システムを提供する。電気化学コンバータ及びガスタービンは、発電用のかなり高い効率、例えば70%の効率の動力システムを構成する。

【0022】本発明のガスタービン動力システムは、第一媒体を圧縮するコンプレッサと、該コンプレッサと流体連通し、該第一媒体及び第二媒体を受け取るよう構成された電気化学コンバータとを含む。該コンバータは、該第一及び第二媒体の間の電気科学的反応を行なわせて、選択された高温度の排気を生じるよう形成される。該動力システムは更に、該電気化学コンバータと流体連通し、かつコンバータの排気を受け取るタービンを含み、該タービンは電気化学コンバータの排気を電力発生用の回転運動に変換する。

【0023】本発明の態様の一つによれば、この動力システムは更に、タービンの回転エネルギーを受け取ると共にタービンの回転エネルギーに応答して電気を発生する発電機を含む。電気化学コンバータは、一定の高温及び多様な圧力で運転するよう構成されていると好ましい。

【0024】もう一つの態様によれば、この動力システムは更に、該電気化学コンバータと熱連結し、コンバータの排気から廃熱を抽出すると共にその廃熱をタービンに移送する熱交換要素を含む。

【0025】更にもう一つの態様によれば、この電気化学コンバータは、第一及び第二媒体をコンバータの運転温度まで内部加熱する内部加熱要素を含む。もう一つの態様において、該コンバータは、一方の面に酸化剤電極材料、対向する面に燃料電極材料を有する円形の電解質層を含む複数の平板状又は管状コンバータ要素から構成される。

【0026】別の態様によれば、この電気化学コンバータは、一方の面に酸化剤電極材料、対向する面に燃料電極材料を有する複数の電解質プレートと、該電解質プレートに電気的接触を行なう複数の連絡プレートとを含む複数の積層コンバータ要素であって、連絡プレート及び電解質プレートを交互に積層することでアセンブリされた複数の積層コンバータ要素を有する電気化学コンバータアセンブリを含む。別の態様では、この積層コンバータ要素は、積層と軸方向に連結し、かつ第一及び第二媒体を受け取るよう構成された複数のマニホールドと、このマニホールドに連結し、かつ第一及び第二媒体の少なくとも一部分をコンバータの運転温度まで加熱する媒体加熱要素とをさらに含む。

【0027】さらに別の態様によれば、この連絡プレートは熱伝導性コネクタプレートであり、そして媒体加熱要素は熱伝導性を有しあつ一体形成された、連絡プレートに一体的に形成された延長表面を含み、この延長表面は軸方向マニホールド内に延びている。別の実施例では、積層コンバータ要素は、電解質プレートと連絡プレート

との間に介在させた複数のスペーサプレートを含み、媒体加熱要素は、熱伝導性を有しあつ一体的に形成された、複数の軸方向マニホールド内に延びるスペーサプレートの延長表面を含む。

【0028】発明の一つの実施例としては、この電気化学コンバータアセンブリは、第一及び第二媒体をコンバータの運転温度まで加熱する廃熱を生じ、この廃熱はこの第一及び第二媒体まで連係プレートによって伝導移送される。

10 【0029】別の態様では、この動力システムはさらに、第一及び第二媒体を電気化学コンバータに導入する前に予熱する予熱要素を含む。この予熱要素は外部再生式熱交換器又は放射熱交換器のいずれかであることが好ましい。発明の別の実施例では、媒体加熱要素又は予熱要素のいずれかを用いて、炭化水素及び改質物質を含む第一及び第二媒体を非複合反応化学種に解離する。

【0030】発明の別の態様では、この動力システムは電気化学コンバータ及びタービンと連通するコンバータ排気加熱要素をさらに含む。このコンバータ排気加熱要素は、タービンに導入する前のコンバータの排気を選択された高温まで加熱する。発明の一実施例によれば、加熱要素はコンバータの排気をコンバータの排気温度よりも高い温度に加熱する。排気加熱要素は天然ガス燃焼器であることが好ましい。動力システムはさらに、電気化学コンバータの周囲で圧力容器を形成する再生熱封止要素を含むこともできる。

20 【0031】本発明はさらに、排気及び選択された高温を有する廃熱を発生する電気化学コンバータと、電気化学コンバータと連通する蒸気発生器と、蒸気発生器と連通し、かつ電気を発生するよう形成されたタービンとを含む蒸気タービン動力システムを提供する。

【0032】ある態様では、この蒸気タービン動力システムは、コンバータと蒸気発生器との間で放射的に熱交換する熱交換要素を含む。

【0033】また別の態様では、この動力システムは、タービンと連結し、かつコンバータの排気を受け取ってそのコンバータの排気の廃熱をタービンに対流移送する熱回収熱交換器をさらに含む。

40 【0034】さらに別の態様では、その電気化学コンバータは複数の積層コンバータ要素を有する電気化学コンバータアセンブリを含む。この積層コンバータ要素は、一方の面に酸化剤電極材料、対向する面に燃料電極材料を有する複数の電解質プレートと、電解質プレートに電気的接触を行なう複数の連絡プレートとを含む。積層コンバータ要素は連絡プレートと電解質プレートを交互に積層することでアセンブリされる。

【0035】別の態様によれば、この積層コンバータ要素は、積層と軸方向で連結し、反応体を受け取るよう構成された複数のマニホールドと、マニホールドと連結し、反応体の少なくとも一部分をコンバータの運転温度まで加

熱する反応体加熱要素とをさらに含む。一実施例では、この連係プレートは熱伝導性のコネクタプレートを含み、そしてこの反応体加熱要素は、熱伝導性を有しかつ一体形成された、複数の軸方向マニホールド内に延びた連係プレートの延長表面を含む。

【0036】さらに別の態様では、この積層コンバータ要素は、電解質プレートと連係プレートとの間に介在する複数のスペーサプレートをさらに含む。

【0037】別の態様によれば、反応体加熱要素は、熱伝導性を有しかつ一体形成された、複数の軸方向マニホールド内に延びるスペーサプレートの延長表面を含む。

【0038】本発明の一実施例では、この電気化学コンバータアセンブリは反応体をコンバータの運転温度まで加熱する廃熱を生じる。この廃熱は連係プレートにより反応体に伝導移送される。

【0039】別の態様では、この蒸気タービン動力システムは、電気化学コンバータに導入する前の反応体を予熱する予熱要素をさらに含む。この予熱要素は、外部再生式熱交換器又は放射熱交換器を含むことができる。

【0040】別の実施例としては、予熱要素又は反応体加熱要素のどちらか一方又は両方が、炭化水素及び改質物質を含む反応体を非複合反応化学種に解離する。

【0041】本発明はさらに、投入反応体を受け取ると共に廃熱及び排気を発生するよう構成された電気化学コンバータと、ガスタービンとを含む動力システムを提供する。このガスタービンは、コンプレッサと、選択された高温を有する排気を生じる機械的タービンとを含む。このシステムはさらに、ガスタービンの排気を受け取ると共にガスタービンの排気を作動媒体に放射的に接続する蒸気発生器を含む。このシステムはまた、少なくとも蒸気発生器に連結し、かつ、作動媒体を受け取るよう構成された蒸気タービンを含む。

【0042】本発明はさらに、投入反応体を受け取ると共に廃熱及び排気を生じるよう構成された電気化学コンバータと、コンプレッサ及び、選択された高温を有する排気を生じる機械的タービンを含むガスタービンとを含む動力システムを提供する。このシステムはさらに、ガスタービンの排気を受け取り、かつガスタービンの排気を作動媒体に対流接続する蒸気発生器を含む。このシステムはまた、蒸気発生器と連結し、作動媒体を受け取るよう構成された蒸気タービンを含む。一実施例では、動力がこの電気化学コンバータ、蒸気タービン及びガスタービンによって発生される。

【0043】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態につき、図面に基づいて説明する。尚、本発明の上記及びその他の目的、特徴及び利点は、次の説明ならびに添付の図面から明らかとなるが、この図において、同様な参照符号は異なる視点から見た同じ部品を示すものである。図面は本発明の原理を示し、縮尺は一定ではないが、相対的

大きさを示す。

【0044】図1は本発明に基づくガスタービン動力システムを示す。図示されたオンラインの、空気誘導式ガスタービン動力システム70は電気化学コンバータ72及びガスタービンアセンブリを含む。ガスタービンは、コンプレッサ76、タービン80、及び発電機84を含む。空気源73から取り込まれた空気は、適した導管を経てコンプレッサ76へ導かれ、そこで圧縮かつ加熱された後排出されて電気化学コンバータ72内に導かれ10る。燃料74は予熱器68に導かれて、そこでコンバータ運転温度よりも低い、選択された高温に予熱される。加熱された空気及び燃料は投入反応体として働き、電気化学コンバータ72を駆動する。

【0045】コンバータ72はコンプレッサ76が導入した圧縮空気と燃料74とを加熱して高温の排気を生じる。この排気はガスタービン80に導かれ、ここでこの熱エネルギーは回転エネルギーへと変換された後に発電機84へ送り込まれる。具体的には、タービンは高温の排気を(タービン軸を介して)回転運動へと変換するのであり、この回転運動が、発電のための仕事をする。発電機84は商用及び住居用に用いられる電力を生じる。ガスタービンの燃焼器として電気化学コンバータを用いることの利点の一つは、コンバータが更なる発電機として機能することである。図示の電気接続線88A及び88Bから、発電機84とコンバータ72の両方から電気が得られることが分かる。ガスタービンの構成要素及び発電機は公知の技術であり、市販されている。当業者であれば、特に本説明及び図面を参照すれば、ガスタービンの構成要素の作用、並びに電気化学コンバータとガス30タービンの一体化を容易に理解できるであろう。例えば、当業者であれば、コンバータ72を、本発明のガスタービンの燃焼器を完全に又は部分的に代替して用いることができる事が理解されよう。

【0046】図2は、電気化学コンバータ72'がガスタービンから別の軸上(オフライン上)に接続されている動力システム90を示す。空気源73'から取り込まれた空気はコンプレッサ76'によって圧縮され、排出された後は別の軸上のコンバータ72'に導入される。燃料源74'から取り込まれた燃料はコンバータに導入され、この空気及び燃料はそれによって消費される。コンバータは燃料を熱解離させて成分となる非複合反応化学種、典型的にはH<sub>2</sub>及びCOにし、高温の排気を生じる。この排気は、発電機84'に接続されたガスタービン80'に導かれる。図示の発電機84'及びコンバータ72'を使って図示の推進モータ86に動力を提供することができる。システム90は更に、コンバータ72へ導入する前の反応体を予熱するために、図1の予熱器と同様な予熱器を用いることができる。

【0047】図3は、電気化学コンバータ72"、熱回50収蒸気発生器108(HRSG)、及び蒸気タービン1

12を図示のように接続して用いた動力システム95を示す。蒸気発生器108は投入された反応体、例えば空気及び燃料を、コンバータ72'の運転温度よりも低い、選択された所望の高温まで予熱することで予熱器として働く。コンバータは投入された反応体を使って廃熱及び熱せられた排気91を生じる。この排気91を何らかの適した手段、例えば流体導管によって蒸気発生器108に運ぶこともできる。熱せられた排気は、蒸気タービン112用に蒸気を発生するために蒸気タービンに典型的に伴う作動媒体、例えば水などを付隨的に加熱する一方、再生熱交換によって反応体73、74が予熱されるのを助ける。変更例においては、蒸気発生器108は、多くの場合炭化水素及び改質物質を非錯体の反応体化学種へ改質することを含む、熱解離による燃料の改質を行なう改質装置を内部に含む。

【0048】図4は、電気化学コンバータ、ガスタービン、及び蒸気タービンを用いた変更例の動力システム100を示す。図示の動力システム100は第二燃焼器104、蒸気発生器108'、及び蒸気タービン112'を含む。燃料源74からの燃料及び一般的には流体溜め(図示せず)によって供給される改質のための水102は、電気化学コンバータ72"に導かれる。水102及びコンバータ72"の生じた廃熱は投入された燃料、例えば化石燃料が、使用できる非複合反応化学種、例えば分子水素や一酸化炭素に改質されるのを助ける。空気源73から取り込まれた空気はコンプレッサ又はプロワ76"を経てコンバータ72"に導かれ、投入燃料と結合してコンバータ72"に動力を提供するのが好ましい。コンバータ72"は、典型的にはおよそ摂氏1000度という高温の排気を生じるが、この排気は、ガスタービン80"の吸気口の所定の温度要件を満たすよう、選択された高温、例えば摂氏1300度まで第二燃焼器104によって更に加熱される。ガスタービンの生じる排気81は、続くボトミング蒸気タービン112での使用のために熱回収蒸気発生器108へ送られる。蒸気タービンの出力口は電気を発生させる発電機84"に接続されている。電気接続線88A'及び88B'によって電気化学コンバータ72"及び発電機84"の両方から電力が直接得られることが分かる。

【0049】図1乃至4に示された動力システムのもたらす利点は、効率の高い小型電気化学コンバータをボトミングプラントの構成成分と直接一体化したことで、電力を効率の高いシステムから得られることである。電気化学コンバータをガスタービンと図1乃至4に示した方法で一体化することで、約70%という全動力効率を有するガスタービン動力システムが生まれる。このシステム効率は、従来のガスタービンシステム及び従来の電気化学システム単体で得られた効率に比べて著しく増加したものである。図示のガスタービンシステムは電気化学コンバータが組み込まれたことで高い熱エネルギーと電

力を提供できる上に、電気化学コンバータの長所をも利用することができる。例えば、コンバータをNOxの低い熱源で運転するので、従来のガスタービンによる発電プラントに比べて環境面でより優れたものとすることができる。

【0050】電気化学コンバータ及びガスタービンシステム結合体の高いシステム効率が、図10にグラフで描かれている。グラフの縦軸は全システム効率をパーセントで示し、横軸はこのハイブリッドシステムの動力比を示す。動力比は、電気化学コンバータとガスタービンの大きさの合計(FC+GT)をガスタービンの大きさ(GT)で除した商と定義されている。グラフの線200は、50%の効率を有する燃料電池と25%の効率を有するガスタービンを用いれば、全システム効率が60%を越えることが出来るのを示している。同様に、グラフの線210は、55%の効率を有する燃料電池と35%の効率を有するガスタービンを用いれば、全システム効率が60%を越えることができ、動力比によっては70%に近づくこともあることを示している。グラフの線200及び210はまた、電気化学コンバータ及びガスタービンの大きさ及び効率を選択することで、全システム効率を最大にすることを示している。さらにこのグラフから分かることは、ガスタービンを電気化学コンバータに組み込むとシステム効率がそれに応じて大きく増加することであるが、この結果はこれまで未知であった。例えば、前述のように、電気化学コンバータを用いたガスタービン動力システムは、それを構成するガスタービンと電気化学コンバータの大きさ及び効率いかんでは、60%を越え70%に迫る全システム効率を有する。

【0051】図9は、電気化学コンバータを多軸ガスタービンシステムに統合化した動力システム300を概略的に示した図である。図示したガスタービンシステムは従来の燃焼タービンシステムでもよい。図示のハイブリッドシステム300は、一対のコンプレッサC1及びC2、一対のタービンT1及びT2、発電機305、中間冷却器310、及び少なくとも一つの電気化学コンバータ320を含む。一対の軸322、324がタービンT1及びT2をそれぞれ機械的コンプレッサC1及びC2に接続している。

【0052】図示されるように、吸気口から入った空気はコンプレッサC1にその吸気口から入り、そこで圧縮される。圧縮された空気は次にコンプレッサをその排気口から出て中間冷却器310に入り、この中間冷却器310は圧縮空気の温度をその空気が中間冷却器を出る前に減じる。中間冷却器310はその取水口を通じて流体源(図示せず)から水等の冷却流体を受け取り、吐水口からその水を排出する。

【0053】冷却された圧縮空気は次にコンプレッサC2に入り、第一電気化学コンバータ320に導びかれる

11

前にこのコンプレッサC 2で再び圧縮される。この空気はコンバータ3 2 0とコンプレッサC 2の間を流体通路3 2 8を通って運ばれる。空気は、コンバータに導かれるとすぐ燃料源(図示せず)から取り込まれた燃料と反応し、電気発生のために電気化学コンバータ3 2 0によって消費される。

【0054】コンバータの排気は流体通路3 3 0を通ってタービンT 2に導かれ、このタービンT 2からの排気は第二コンバータ3 2 0に導かれる。第二コンバータは電気を発生し、タービンT 1に導かれる前の排気を再加熱する。タービンT 1の排気は、次の利用に向けて、流体通路3 3 2を通じてシステム3 0 0から運び去られることが好ましい。タービンT 1の回転エネルギーは、動力軸アセンブリ3 2 2を介して機械的コンプレッサC 1と発電機3 0 5との間で分割されることが好ましい。発電機3 0 5を用いて様々な家庭用及び商業用の電気を発生させることが可能である。図示されたシステム3 0 0は一対の電気化学コンバータ3 2 0を用いてはいるが、当業者であれば、コンバータは一つのみ用い、他のコンバータを従来の燃焼器に替えてよいことは理解されるであろう。

【0055】上記設計の他の変形例が存在し、かつ当業者の認識する範囲内にあると思われる。例えば、一連のガスタービンアセンブリを用いてもよく、いかなる数のコンプレッサ、燃焼器、及びタービンを用いてもよい。本発明は更に、単一軸ガスタービン、複軸ガスタービン、再生ガスタービン、中間冷却ガスタービン、及び再熱ガスタービンを含むほとんどの種類のガスタービンに電気化学コンバータを統合化することを包含するよう意図されている。本発明のもっとも広い態様においては、本発明は電気化学コンバータ及び従来のガスタービンを組み合わせたハイブリッド動力システムを包含する。発明の好適な実施例の一つでは、コンバータは、ガスタービン動力システムの少なくとも一つの燃焼器に完全に又は部分的に替えられている。

【0056】電気化学コンバータ7 2が高圧容器1 2 0内に収容されれば、電気化学コンバータのガスタービンへの一体化を直接行なうことの助けとなる。コンバータ収容の好適な方法が図5に示されているが、この図では、再生熱の封包物としても働く圧力容器1 2 0が、後に詳述する一連の積層燃料電池アセンブリ1 2 2を収容している。圧力容器1 2 0は排気吐出用マニホールド1 2 4、電気コネクタ1 2 6及び投入反応体マニホールド1 2 8及び1 3 0を含む。好適な実施例では、酸化剤反応体は中央に位置したマニホールド1 3 0を通って常駐燃料電池アセンブリに導かれ、そして燃料反応体は容器1 2 0周辺に位置した燃料マニホールド1 2 8を通って導かれる。

【0057】上述のように、電気化学コンバータは温度を上げた状態、かつ周囲圧力で又は昇圧した状態で運転

12

することが可能である。電気化学コンバータは、ここに参考として編入された米国特許第4, 853, 100号に示されかつ述べられた種類と同様に、交互組合せ型熱交換器を含むことのできる燃料電池システムであることが好ましい。

【0058】燃料電池は典型的には、水又は一酸化炭素分子などの、選択された燃料化学種の化学的ポテンシャルを利用して燃料を解離して、電力と共に酸化した分子を生じる。分子水素又は一酸化炭素分子を供給するコストは従来の化石燃料を供給するのに比較して高くつくため、燃料処理又は改質手段を用いて、石炭や天然ガス等の化石燃料を水素及び一酸化炭素を多く含む反応ガス混合物に変換することもできる。つまり、専用の又は燃料電池内に配置した燃料処理器を用いて、蒸気、酸素、又は二酸化炭素を(吸熱反応により)利用して化石燃料を非錯体の反応ガスに改質する。

【0059】図6乃至8は、従来のガスタービンの一体化に特に適した電気化学コンバータ7 2の基本セル単位1 0を示す。セル単位1 0は電解質プレート2 0及び連係プレート3 0を含む。一実施例では、電解質プレート2 0を、安定化ジルコニア材料 $ZrO_2$  ( $Y_2O_3$ )などのセラミックから製作可能であり、このプレート2 0上に多孔質の酸化剤電極材料2 0 A及び多孔質の燃料電極材料2 0 Bが配置されている。酸化剤電極材料としては、例えば $LaMnO_3$  ( $Sr$ )のような灰チタン材料がある。燃料電極材料としては、例えば $ZrO_2/Ni$  や $ZrO_2/NiO$ のようなサーメットがある。

【0060】連係プレート3 0は導電性及び熱伝導性の連結材料から構成されることが好ましい。このような材料の例としては、ニッケル合金、プラチナ合金、好ましくは米国Inco社製のInconelのような炭化珪素 $La(Mn)CrO_3$ の非金属合金がある。連係プレート3 0は、隣接した電解質プレート間の電気コネクタとしても作用し、また燃料と酸化剤反応体の仕切りとしても作用する。図8にもっとも明確に示されているように、連係プレート3 0は中央開口部3 2及び同心の半径方向の外側に向かって間隔をおいて配置された一組の開口部3 4を備える。さらに、外側の三番目の開口部3 6が一組、プレート3 0の外側円柱部分又は円周部に沿って配置されている。

【0061】また、連係プレート3 0は型押された表面3 8を備える。図8に示したように、型押された表面には、一連のディンプル4 0が設けられているのが好ましい。このディンプル4 0は一連の連結した反応体流動通路を構成する。連係プレート3 0はその両面にディンプル加工されていることが好ましい。中間及び外側の組の開口部3 4及び3 6はそれぞれ、選択された数の開口部として描かれているが、当業者であればシステムと反応体流動の必要条件に応じていかなる数量の開口部又は配分パターンをも採用できることが分かるであろう。

【0062】同様に、電解質プレート20には、連係プレート30の開口部32、34及び36をそれぞれ補足する位置に中央開口部22、及び一組の中間及び外側開口部24及び26が設けられている。

【0063】図7を参照すると、スペーサプレート50を電解質プレート20と連係プレート30の間に挿入してもよい。スペーサプレート50は、連係プレート30と同様に、一連の連結した反応体流動通路を構成する波形表面52を備えるのが好ましい。スペーサプレート50の連結及び電解質プレートの開口部を補足する位置には、図示のように、同心の開口部54、56及び58が複数設けられている。更に、この構成では、連係プレート30には反応体流動通路が設けられていない。スペーサプレート50は、ニッケルなどの導電性物質からなることが好ましい。

【0064】図示の電解質プレート20、連係プレート30、及びスペーサプレート50はいかなる所望の幾何学的形状としてもよい。更に、図示のマニホールドを有するプレートは反復的又は非反復的パターンで外側に延出させてもよく、そのため点線で示してある。

【0065】図8を参照すると、電解質プレート20と連係プレート30がそれぞれの開口部を一列に並べて交互に積層されると、これらの開口部は（積層にたいして）軸方向のマニホールドを形成し、このマニホールドはセル単位に投入反応体を供給し、使用済み燃料を排出する。特に、一列に並んだ中央開口部22、32、22'は投入酸化剤マニホールド17を構成し、そして一列に並んだ同心の開口部24、34、24'は投入燃料マニホールド18を構成し、そして一列に並んだ外側開口部26、36、26'は使用済み燃料マニホールド19を構成する。

【0066】連係プレート30のディンプル加工表面38は、図8の断面図に示すように両表面がおおむね波形に加工されている。この波形加工は投入反応体を連係プレートの外周部に移動させる反応体流動通路を構成する。連係プレートはまた、各軸方向のマニホールド内及び連係プレートの外周に延びた加熱表面又はリップ構造を有する。具体的には、連係プレート30はその外周端部に沿って形成された、平らで環状に延びる表面31Aを備えている。好適な実施例では、図示の加熱表面31Aは電解質プレート20の外周端部を越えて延出している。連係プレートは更に、軸方向マニホールド内に延びる延長加熱表面を備えている。例えば、端部31Bは軸方向マニホールド19内に延出しあつ収容されており、端部31Cは軸方向マニホールド18内に延出しあつ収容されており、端部31Dは軸方向マニホールド17内に延出しあつ収容されている。この延長加熱表面は連係プレートに一体化することも可能であるし、接続したり取り付けたりすることもできる。加熱表面は連係プレートと同じ材料で形成する必要はなく、電気化学コンバータの運転

温度に耐えうる熱伝導材料であればいかなる材料から構成してもよい。変更例では、延長加熱表面をスペーサプレートに一体形成したり接続したりすることも可能である。

【0067】連係プレート外周部には歓等の高さのある構造物が無いので、外部環境と連通する排出ポートがここに構成される。投入反応体マニホールドは反応体流動通路を介して外周部と流体的に連通しており、反応体を外部環境、又は図5に示すように電気化学コンバータの周囲に配置された熱容器又は圧力容器に排出するのを可能としている。

【0068】再度図8を参照すると、図示の封止材60を連係プレート30のマニホールド接合部分に塗布して、特定の投入反応体を選択的に、連係プレート表面、更に電解質プレート20との合わせ面を通過させることができるようにすることができる。連係プレート底部30Bは電解質プレート20の燃料電極コーティング20Bに接触している。この構成では封止材が燃料反応体のみを反応体流動通路に流入させ、燃料電極に接触させるのが好ましい。

【0069】図示するように、封止材60Aは、投入酸化剤マニホールド17の周囲に配置され、酸化剤マニホールド17の効果的な反応体流入バリアとなっている。この封止材によって、電解質プレート20の燃料電極面20Bに接触する燃料反応体を保全し、また使用済み燃料マニホールド19から排出される使用済み燃料を保全する。

【0070】連係プレート30の上面30Aは、燃料投入マニホールド18及び使用済み燃料マニホールド19の周囲に配置された封止材60Bを備えている。連係プレート30の上面30Aは、対向する電解質20'の酸化剤コーティング20B'に接触している。このため、投入酸化剤マニホールド17の接合部には封止材がなく、それにより酸化剤反応体が反応体流動通路に流入できる。燃料マニホールド18を完全に囲んでいる封止材60Bは、燃料反応体の過剰な漏れが反応体流動通路に流入するのを防いでおり、それによって酸化剤反応体と燃料反応体の混合を防ぐ。同様に、使用済み燃料マニホールド19を完全に囲んでいる封止材60Cは、使用済み酸化剤反応体が使用済み燃料マニホールド19に流れ込むのを防ぐ。

40 従って、マニホールド19を通過する使用済み燃料の純度が維持される。

【0071】再度図8を参照すると、酸化剤反応体を、電解質及び連係プレートのそれぞれ開口部22、32、及び22'により構成される軸方向マニホールド17を介して電気化学コンバータに導入できる。酸化剤は、連係プレート30Aの上面に分配され、また反応体流動通路を介して酸化剤電極表面20A'上に分配される。その後、使用済み酸化剤は外側へ半径方向に外周端部31Aまで流动し、最終的にはコンバータ要素の外周部から排出される。封止材60Cは、酸化剤が使用済み燃料マニ

ホルド19に流入するのを防ぐ。軸方向マニホールドを経る酸化剤の流動通路は黒い実線の矢印26Aで、酸化剤セル単位を経る通路は黒い実線の矢印26Bで示されている。

【0072】燃料反応体は、一列に並んだプレートの開口部24、34、及び24'の構成する燃料マニホールド18を介して電気化学コンバータ10内へ導入される。この燃料は反応体流動通路に導入され、連係プレートの底部30B及び電解質プレート20の燃料電極コーティング20B上に分配される。それと共に、封止材60Aは投入酸化剤反応体が反応体流動通路に進入するのを防ぎ、よってこの投入酸化剤反応体が使用済み燃料と反応体との混合物に混ざるのを防ぐ。使用済み燃料マニホールド19の箇所に封止材が配備していないことにより、使用済み燃料がこのマニホールド19に流入できる。燃料は次に連係プレート30の環状端部31Aから排出される。この燃料反応体の流動通路は、黒い実線の矢印26Cで示してある。

【0073】連係表面のディンプル40は頂部40Aがあり、この頂部40Aは組み立てにより電解質プレートと接触し、これらの間に電気的接続が確立される。

【0074】様々な種類の導電物質を、本発明の薄型の電気連係プレートとして使用できる。こうした物質は次の要件を満たす必要がある。その要件とは（1）高い導電性及び熱伝導性だけでなく高強度、（2）使用温度に至るまで良好な耐酸化性、（3）投入反応体との化学的適合性及び安定性、（4）反応体流動通路のようにプレート構成を型押しする場合の製造コスト、である。

【0075】連係プレート製造に適した材料はニッケル合金、ニッケルクロム合金、ニッケルクロム鉄合金、鉄クロムアルミ合金、プラチナ合金、これらの合金とジルコニアやアルミニナのような耐火材のサーメット、炭化珪素及びモリブデン二珪化物を含む。

【0076】連係プレートの上面及び底面の型押しパターン加工は、例えば合金シートを対になった雄型、雌型のダイを少なくとも一組使って型押ししてできる。ダイは連係プレートの所望の型押しパターンに合うように製造してあるのが好ましく、高い作業温度、繰り返しの圧縮動作、更に大量生産に耐えられるように熱処理によって硬度を高めておくこともできる。連係プレートの型押しパターン加工は、気体通路ネットワーク、例えばディンプル加工連係プレート表面などの幾何学的複雑さのため、複数の工程で実行するのが好ましい。連係プレートに設けられたマニホールドは最終工程で打ち抜くのが好ましい。焼なましは、シート材料の最大応力負荷を防ぐため、これらの連続的な工程の間に行なうのが好ましい。この型押し方法によれば、材質の厚さを均等に保つ一方、幾何学的に多様かつ複雑なプレートを製造できる。

【0077】もしくは、波形連係プレートは、適切なマスクを使ってもともとは平坦な金属プレートの上に電着

によって製作できる。炭化珪素連係プレートは、あらかじめ一定の型に加工した基板に真空めっき、結合粉末の焼結、また材料の自己粘着により製作できる。

【0078】酸化剤及び燃料反応体は、電気化学コンバータ内に進入させる前に適した温度まであらかじめ熱しておくことが好ましい。この予熱は、再生式熱交換器又は放射熱交換器など、コンバータに加えられる熱応力の量が減じられるのに充分な温度まで反応体を加熱するのに適した加熱構造物であればいかなるもので行なってよい。

【0079】本発明の大きな特徴は、図1乃至4及び9乃至10に示したハイブリッド動力システムが、予想外に、従来知られている効率を越えるシステム効率で運転することである。本発明のもう一つ別の大きな特徴は、延長加熱表面31D及び31Cが酸化剤マニホールド及び燃料マニホールド17及び18内に保持された反応体をコンバータの運転温度まで加熱することである。具体的には、酸化剤マニホールド17内に延びた延長表面31Dが酸化剤反応体を加熱し、燃料マニホールド18内に延びた延長表面31Cが燃料反応体を加熱する。熱伝導性の高い連係プレート30においては投入反応体の加熱が容易となっているが、これは、燃料電池の内表面、つまり伝導性連係プレートの中央域から延長表面又はリップ部分まで熱を伝導的に移送することで、反応体流動通路を移動する前の投入反応体を運転温度まで加熱することによる。延長表面はこのように熱フィンとして働く。この反応体加熱構造により、発電動力システムと統合化できる小型のコンバータ、そして比較的低コストの高効率システムを得ることができる。これらの原則に基づいて構成

された燃料電池構成要素を組み込んだ、そしてガスタービンと組み合わせて使用される電気化学コンバータにより、システムの形態が比較的シンプルとなった動力システムを得ることができる。

【0080】電気化学コンバータの運転温度は、およそ摂氏20度から摂氏1500度の間であることが好ましく、本発明で用いられる燃料電池の種類は、固体酸化物燃料電池、溶融カーボネート燃料電池、アルカリ燃料電池、リン酸燃料電池、及び陽子メンブレーン燃料電池が好ましい。

【0081】変更例としては、電解質及び連係プレートをほぼ管状形状としてもよく、また酸化剤電極材料を一方の面に、燃料電極材料を対向面に配置することもできる。両プレートはこの場合、同様の方法で互いに積層できる。

【0082】よって、本発明は従来技術への多くの改良点が含まれていることが分かる。上記の構成にたいして幾つかの変更例が本発明の範囲を逸脱することなく可能であるから、この説明に含まれ、また添付の図面に示された全ては、実例として解釈されるべきであり、限定的な意味で解釈されるべきではない。

【0083】更に、上記特許請求の範囲は、ここに説明された本発明の全ての一般的、具体的特徴を網羅するものであり、また本発明の範囲に関する言明をも網羅する。例えば、本発明の端部を延長した連続プレートを利用した電気化学コンバータは、溶融カーボネート、リン酸、アルカリ及び陽子交換メンブレーン電気化学コンバータや同様のコンバータであってもよい。

## 【0084】

【発明の効果】本発明は、予想外に、従来知られている効率を越えるシステム効率で運転可能で、システムの形態が比較的シンプルとなった動力システムを得ることができる、という効果を奏する。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に基づく、ガスタービンと直列にインラインとなった電気化学コンバータを用いた動力システムの概略ブロック図である。

【図2】本発明に基づく、ガスタービンの線上から外れた電気化学コンバータを用いた、動力システムの変更例の概略ブロック図である。

【図3】本発明に基づく、電気化学コンバータ及び蒸気タービンを用いた動力システムの概略ブロック図である。

## 【図4】本発明に基づく、ガスタービンと蒸気タービン

の両方と、コンバータ排気加熱要素とを用いた、別の動力システムの実施例の概略ブロック図である。

【図5】本発明の一連の電気化学コンバータを封入した圧力容器の、一部を切り欠いた平面図である。

【図6】本発明の電気化学コンバータの基本セル単位の斜視図である。

【図7】本発明の電気化学コンバータの基本セル単位の変更例の斜視図である。

【図8】図6のセル単位の断面図である。

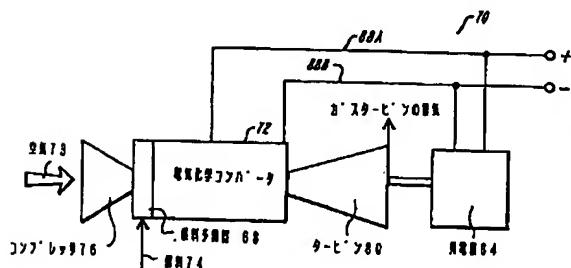
10 【図9】本発明に基づく電気化学コンバータを用いた多軸ガスタービン動力システムの概略図である。

【図10】本発明による動力システムの結合式動力システム効率を図示したものである。

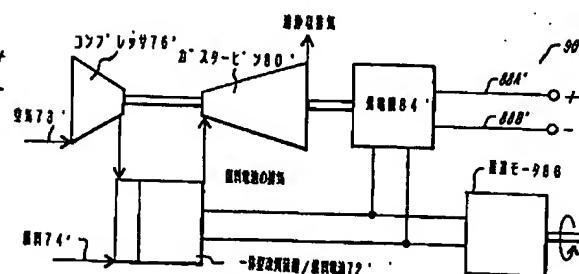
## 【符号の説明】

10···基本セル単位、70, 90, 95, 100, 300···動力システム、68···燃料予熱機、72, 72', 72"···電気化学コンバータ、73, 73', 73"···空気、74, 74'···燃料、76, 76'···コンプレッサ、76"···プロワ、80, 80', 80"···ガスター 20 ビン、120···圧力容器、122···積層燃料電池アセンブリ、124···排気吐出用マニホールド、128, 130···投入反応体マニホールド。

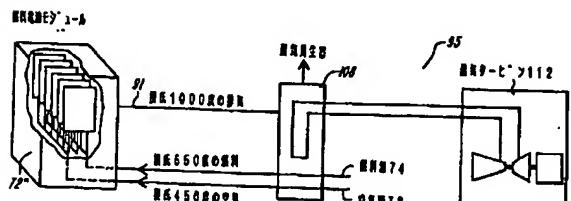
【図1】



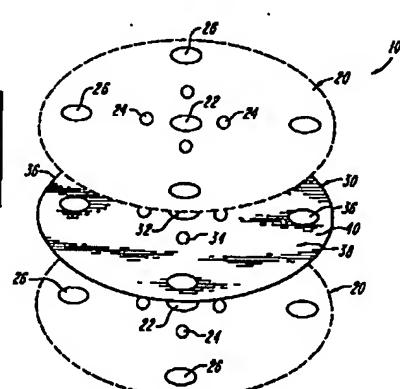
【図2】



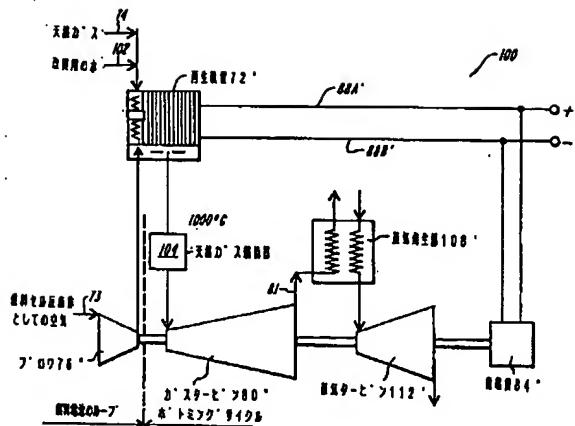
【図3】



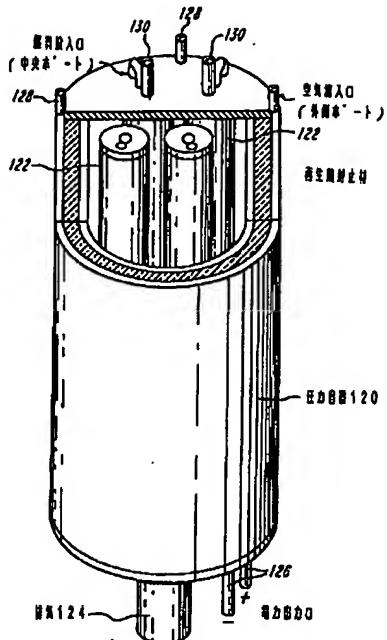
【図6】



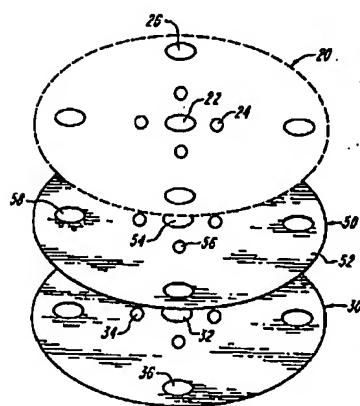
【図4】



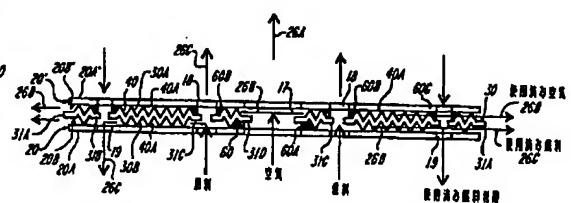
【図5】



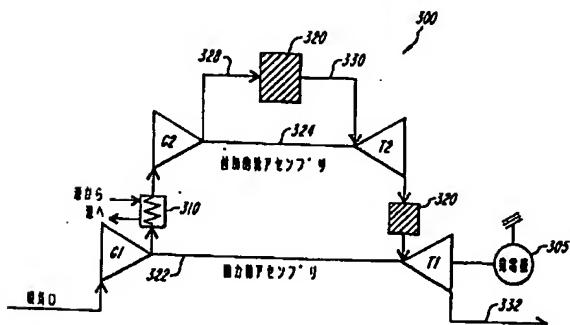
【図7】



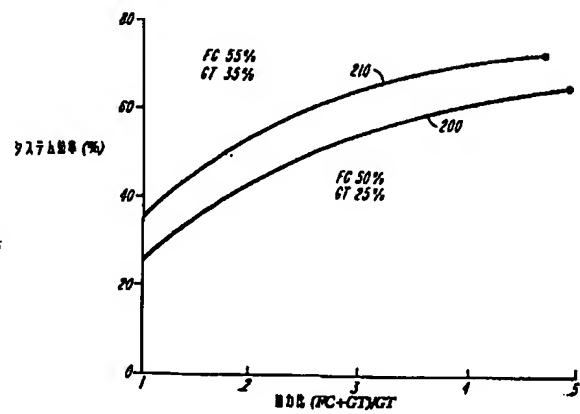
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	マークド(参考)
H 01 M	8/00	H 01 M	8/00
	8/24		8/24
		Z	
		R	

(72) 発明者 オング イーサン デー。  
アメリカ合衆国 02128 マサチューセッ  
ツ州 イースト ボストン、 ウェブスタ  
ー ストリート 177